La ecología del universo

En el universo casi nada se pierde, todo se recicla. Las estrellas nacen en gigantescas nebulosas y, cuando mueren, devuelven al medio interestelar casi todos sus materiales. A partir de esos materiales, ya procesados, nacen nuevas estrellas, químicamente muy distintas a sus antecesoras. Este mecanismo de "reciclado" cósmico es casi tan viejo como el universo mismo y, entre otras cosas, explicaría la formación del Sistema Solar y nuestra propia existencia.

ENTREVISTA CON EL PALEONTOLOGO BERHANE ASFAW

La paciencia del científico

POR XAVIER PUJOL GEBELLI
El País

El estudio de la evolución humana está sujeto a múltiples interrogantes. Tantos, que entre los expertos la prudencia y la moderación deben ser moneda corriente. Para Berhane Asfaw, paleontólogo director del *Rift Valley Research Service*, en Etiopía, nada puede ser contado antes de, como mínimo, publicarlo en la prensa científica. "Las investigaciones deben ser largas y minuciosas", argumenta. Razón, probablemente, no le falta. Asfaw ha contribuido al descubrimiento de dos ejemplares clave para el conocimiento de los primeros homínidos: Australopithecus garhi, de 2,5 millones de años de antigüedad, y Ardipithecus ramidus, de 4,4 millones de años. Ambos representan nuevos paradigmas en el estudio de la evolución.

–¿Qué tienen estos dos homínidos de particular?

–Ardipithecus ramidus, descubierto en 1992, está considerada una especie nueva, tal vez la más primitiva en la línea evolutiva humana. Conserva morfologías que lo emparientan directamente con los simios, aunque presenta caninos reducidos y la forma de su cráneo y del área poscraneal se asemejan a los del género Homo. Austrolopithecus garhi nos aporta información muy importante acerca de la expansión del cerebro. Antes de su descubrimiento en 1997 pensábamos que la aparición de las herramientas de piedra debía coincidir con el aumento del volumen craneal. Lo que hemos visto, en cambio, es que se produce después, quizá como consecuencia del uso de herramientas.

–¿Es, pues, la técnica la que condiciona el desarrollo de la capacidad cerebral?

–De acuerdo con la idea primitiva de Darwin, andar erguido, el uso de herramientas y la expansión del cerebro sucedieron simultáneamente. Para usar herramientas, escribió Darwin, las manos no podían emplearse para andar y, en paralelo, el cerebro debía ser mayor que el de un simio. Pero cuando se halló el primer australopiteco en 1925, se vio que no utilizaba herramientas, que caminaba erguido y que su cerebro era pequeño. Y con A. garhi hemos visto uso de herramientas y un cerebro pequeño...

–¿Hay certeza de ello?

–A escasa distancia de donde se encontraron los restos de A. garhi se han hallado huesos de la misma época con señales de piedras, aunque no herramientas. No hay ningún homínido asociado a ese lugar, pero tampoco se ha documentado ninguna otra especie que compita con él en la misma época. Podemos inferir, por tanto, que fue A. garhi quien hizo esas herramientas.

–La comunidad científica está esperando que se publique la investigación sobre Ardipithecus ramidus. ¿Para cuándo?

–Muy pronto. A. ramidus es, después de Lucy, el homínido con mayor número de restos conservados. Tenemos el cráneo con la mandíbula, la parte poscraneal, huesos completos de una mano y de un pie, la tibia, la pelvis y otras partes. Cada fragmento de hueso debe ser analizado con detalle. Eso lleva mucho tiempo y trabajo. Los diversos grupos que participamos en su estudio estamos abordando el proceso de síntesis para efectuar un análisis completo. En cuanto acabemos, se publicarán los resultados. Probablemente en un año o dos. Antes no diremos nada.

CIENTIFICOS EXTRANJEROS ALABAN EL PROYECTO SWIFT

Elogios bajo el agua

POR M.D.

A pesar de los escasos recursos con que cuentan, magro apoyo estatal e insuficiente ayuda privada, los científicos argentinos del Proyecto Swift han logrado que especialistas de México, Uruguay, Chile, Estados Unidos e Inglaterra alabaran los trabajos de arqueología subacuática. Durante la campaña que realizaron en febrero en Puerto Deseado –donde está hundida la corbeta inglesa–, se recibió el concurso de investigadores extranjeros que aportaron conocimientos y ayudaron a acelerar los tiempos de la producción intelectual del trabajo que se presentará en congresos y seminarios de la especialidad.

El Proyecto (ver la edición del 27 de enero de 2001 de **Futuro**, que contiene una entrevista a la directora científica de la investigación, Dolores Elkin), consiste en recuperar los restos de la corbeta inglesa "M. S. Swift", enterrada a 15 metros de profundidad frente a la costa patagónica. El barco de guerra estaba comisionado en la base naval inglesa de las islas Malvinas, había salido a realizar una exploración en la zona y naufragó cerca de Puerto Deseado, por lo que se supone que estaba preservando los intereses geopolíticos de la corona fuera de su área de influencia, como es proverbial.

Entre quienes elogiaron el trabajo, Mike Jablonowski, de la Universidad de Sonoma en California, sostuvo que es notable la capacidad y la eficiencia de los arqueólogos argentinos. "Este grupo de investigadores, que han trabajado en condiciones presupuestarias y ambientales desfavorables, pueden destacarse en cualquier parte del mundo. Eso es algo que los argentinos deben, de algún modo, reconocer." El profesor Jorge Manuel Herrera, del Instituto Nacional de Antropología e Historia de México, se mostró complacido por la excelencia del trabajo realizado y señaló que "el enorme potencial de investigación del sitio permite trabajar de modo multidisciplinario, algo que estos argentinos hacen muy bien". Valerio Buffa, arqueólogo uruguayo del Ministerio de Cultura, señaló que el diseño de trabajo de campo ha sido completo porque "incluyó variables que abarcan aspectos relativos a la construcción naval, la vida a bordo de un buque y la apasionante historia geopolítica de fines de siglo XVIII. Este es el proyecto de arqueología subacuática más importante de Sudamérica, por la seriedad de los arqueólogos, el rigor metodológico con que se trabaja y la notable planificación de sus tareas".

UN CAMAROTE INGLES

En la última campaña, los investigadores encontraron el camarote del capitán de la corbeta hundida en 1770. Se hallaron zapatos, botellas, hebillas, vidrios, copas y platos. Cabe señalar que antes de cualquier extracción se realiza el registro de la ubicación tridimensional de las piezas para elaborar los llamados "mapas artefactuales". De esta manera se obtiene referencia del contexto que permita posteriores deducciones. También se encontraron 8 de los 14 cañones que tenía la corbeta y se estudia la posibilidad de extraerlos convenientemente. Otra cuestión a tener en cuenta –de alguna manera una de las "consecuencias secundarias" de la investigación– es que se advirtieron altos niveles de contaminación costera, seguramente por la actividad del puerto santacruceño.

La ecología del universo

POR MARIANO RIBAS

En el universo existe una ley de hierro, tan primigenia como fundamental: nada se tira, todo se recicla. Si así no fuera, ya casi no quedarían estrellas y las galaxias no serían más que tristes reservorios de materia muerta, condenada a la oscuridad más profunda y al frío más pavoroso. Si así no fuera, por ejemplo, nosotros mismos no existiríamos. Al fin de cuentas, nuestra existencia y la de todo el Sistema Solar fue la consecuencia directa (y afortunada) de una serie de mecanismos de reciclado cósmico que vienen funcionando desde hace miles de millones de años, y que seguirán haciéndolo por muchos miles de millones de años más. Gracias a los notables progresos de la astronomía del siglo XX, los científicos han podido delinear con bastante precisión lo que podríamos llamar la "ecología" del universo: las estrellas nacen, viven y mueren; pero sus restos serán la materia prima para nuevas generaciones de estrellas. Es un mecanismo tan antiguo como fascinante, y sus comienzos se remontan, casi casi, al principio de los tiempos.



LAS PRIMERAS ESTRELLAS

Hubo un día en que se encendieron las primeras estrellas. Eso sólo pudo ocurrir cuando el universo comenzó a tomar forma. De hecho, sólo para que pudiesen aparecer los primeros átomos de hidrógeno (que son los ladrillos del cosmos), tuvieron que pasar unos 300 mil años desde el Big Bang, la gran explosión que dio origen a todo. Y sólo estamos hablando de átomos. Hicieron falta cientos de millones de años más para que la gravedad fuera haciendo su trabajo: de a poco, comenzaron a formarse gigantescas nubes de hidrógeno (y un poco de helio) que, por su propio peso, fueron compactándose más y más. Eran, ni más ni menos, que los embriones de las primeras galaxias. A su vez, en su interior, gigantescos remolinos de gases cada vez más densos iniciaron el proceso de formación de las estrellas. Cuando el reloj cósmico marcaba los primeros mil millones de años, el universo ya estaba repleto de jóvenes galaxias, convirtiéndose en un lugar no tan distinto a lo que es ahora, aunque mucho más chico, por cierto (porque, desde el Big Bang, está en constante expansión).

El nacimiento de las primeras estrellas fue un mecanismo lento, y no ha cambiado mucho desde entonces: todas las estrellas nacen a partir de nebulosas, masas gaseosas que se van contrayendo progresivamente por acción de la gravedad. En cierto momento, la presión y la temperatura en sus centros es tan enorme, que comienzan las fusiones nucleares: los átomos de hidrógeno se funden, creando helio, y un pequeño sobrante se emite en forma de luz y calor. La estrella se ha encendido, y seguirá brillando hasta que agote todo su combustible. Si bien es cierto que todas nacen más o menos del mismo modo, también lo es que, desde los primeros tiempos, hay estrellas que viven más y otras que viven menos. Y eso forma parte de la ecología del universo.

MUERTES ESTELARES

La evolución estelar es una de las materias que los astrónomos mejor manejan. Una de las claves de este conocimiento es la observación: el cielo es una verdadera galería de estrellas en distintas etapas de sus vidas. Es posible encontrar múltiples ejemplos de las nebulosas que les dan origen e incluso ver estrellas que recién han salido del cascarón y todavía están rodeadas de sutiles halos gaseosos. En el otro extremo, también es posible observar distintas clases de cadáveres estelares. Si a esto se le agregan los modelos teóricos que describen su funcionamiento interno con lujo de detalles, el resultado es una imagen muy acabada de la vida de las estrellas.

De entrada, una de las cosas más sorprendentes (y antiintuitivas) es que las estrellas más grandes son las que menos viven: "apenas" unas decenas de millones de años. Esto se debe a que queman sus reservas de hidrógeno a un ritmo arrollador. Y luego, después de algunas etapas previas, donde van creando y quemando elementos cada vez más pesados (helio, carbono, oxígeno, hasta llegar al hierro), terminan sus vidas en forma espectacular: explotan, arrojando al espacio la mayor parte de su masa a velocidades increíbles. Y eso es lo que se conoce como supernova. En ese momento, el estallido de la estrella puede brillar más que toda una galaxia.

LAS SUPERNOVAS Y EL RECICLADO

Pero en el universo todo se recicla: las supernovas "devuelven" al espacio casi todo el material de la estrella. Pero ya no se trata del mismo gas (casi todo hidrógeno) que le dio origen, sino de una mezcla mucho más rica, que contiene elementos más pesados: carbono, oxígeno, hierro y hasta uranio, los mismos que ella produjo en sus entrañas, o bien durante la explosión. Entonces, las supernovas son una especie de "procesadoras" de átomos, porque sólo ellas pueden fabricar esos elementos que no nacieron con el Big Bang. Por lo tanto, estas estrellas han estado enriqueciendo desde hace miles de millones de años el medio interestelar, aportando nuevos elementos que luego pasan a formar parte de las nebulosas que darán origen a nuevas estrellas. Pero esas nuevas estrellas ya no serán iguales que sus antecesoras, porque en su materia prima (nuevas nebulosas) habrá una mayor proporción de elementos pesados. Como ya veremos, todo esto tiene mucho que ver con nosotros.

VIDAS (Y MUERTES) MODESTAS

Las estrellas similares al Sol, o más chicas, son –y siempre lo han sido– cientos o miles de ve-

ENTREVISTA CON EL PALEONTOLOGO BERHANE ASFAW

La paciencia del científico

POR XAVIER PUJOL GEBELLI
El País

El estudio de la evolución humana está sujeto a múltiples interrogantes. Tantos, que entre los expertos la prudencia y la moderación deben ser moneda corriente. Para Berhane Asfaw, paleontólogo director del *Rift Valley Research Service*, en Etiopía, nada puede ser contado antes de, como mínimo, publicarlo en la prensa científica. "Las investigaciones deben ser largas y minuciosas", argumenta. Razón, probablemente, no le falta. Asfaw ha contribuido al descubrimiento de dos ejemplares clave para el conocimiento de los primeros homínidos: Australopithecus garhi, de 2,5 millones de años de antigüedad, y Ardipithecus ramidus, de 4,4 millones de años. Ambos representan nuevos paradigmas en el estudio de la evolución.

–¿Qué tienen estos dos homínidos de particular?

–Ardipithecus ramidus, descubierto en 1992, está considerada una especie nueva, tal vez la más primitiva en la línea evolutiva humana. Conserva morfologías que lo emparientan directamente con los simios, aunque presenta caninos reducidos y la forma de su cráneo y del área poscraneal se asemejan a los del género Homo. Austrolopithecus garhi nos aporta información muy importante acerca de la expansión del cerebro. Antes de su descubrimiento en 1997 pensábamos que la aparición de las herramientas de piedra debía coincidir con el aumento del volumen craneal. Lo que hemos visto, en cambio, es que se produce después, quizá como consecuencia del uso de herramientas.

–¿Es, pues, la técnica la que condiciona el desarrollo de la capacidad cerebral?

–De acuerdo con la idea primitiva de Darwin, andar erguido, el uso de herramientas y la expansión del cerebro sucedieron simultáneamente. Para usar herramientas, escribió Darwin, las manos no podían emplearse para andar y, en paralelo, el cerebro debía ser mayor que el de un simio. Pero cuando se halló el primer australopiteco en 1925, se vio que no utilizaba herramientas, que caminaba erguido y que su cerebro era pequeño. Y con A. garhi hemos visto uso de herramientas y un cerebro pequeño...

–¿Hay certeza de ello?

–A escasa distancia de donde se encontraron los restos de A. garhi se han hallado huesos de la misma época con señales de piedras, aunque no herramientas. No hay ningún homínido asociado a ese lugar, pero tampoco se ha documentado ninguna otra especie que compita con él en la misma época. Podemos inferir, por tanto, que fue A. garhi quien hizo esas herramientas.

–La comunidad científica está esperando que se publique la investigación sobre Ardipithecus ramidus. ¿Para cuándo?

–Muy pronto. A. ramidus es, después de Lucy, el homínido con mayor número de restos conservados. Tenemos el cráneo con la mandíbula, la parte poscraneal, huesos completos de una mano y de un pie, la tibia, la pelvis y otras partes. Cada fragmento de hueso debe ser analizado con detalle. Eso lleva mucho tiempo y trabajo. Los diversos grupos que participamos en su estudio estamos abordando el proceso de síntesis para efectuar un análisis completo. En cuanto acabemos, se publicarán los resultados. Probablemente en un año o dos. Antes no diremos nada.

CIENTIFICOS EXTRANJEROS ALABAN EL PROYECTO SWIFT

Elogios bajo el agua

POR M.D.

A pesar de los escasos recursos con que cuentan, magro apoyo estatal e insuficiente ayuda privada, los científicos argentinos del Proyecto Swift han logrado que especialistas de México, Uruguay, Chile, Estados Unidos e Inglaterra alabaran los trabajos de arqueología subacuática. Durante la campaña que realizaron en febrero en Puerto Deseado –donde está hundida la corbeta inglesa–, se recibió el concurso de investigadores extranjeros que aportaron conocimientos y ayudaron a acelerar los tiempos de la producción intelectual del trabajo que se presentará en congresos y seminarios de la especialidad.

El Proyecto (ver la edición del 27 de enero de 2001 de **Futuro**, que contiene una entrevista a la directora científica de la investigación, Dolores Elkin), consiste en recuperar los restos de la corbeta inglesa "M. S. Swift", enterrada a 15 metros de profundidad frente a la costa patagónica. El barco de guerra estaba comisionado en la base naval inglesa de las islas Malvinas, había salido a realizar una exploración en la zona y naufragó cerca de Puerto Deseado, por lo que se supone que estaba preservando los intereses geopolíticos de la corona fuera de su área de influencia, como es proverbial.

Entre quienes elogiaron el trabajo, Mike Jablonowski, de la Universidad de Sonoma en California, sostuvo que es notable la capacidad y la eficiencia de los arqueólogos argentinos. "Este grupo de investigadores, que han trabajado en condiciones presupuestarias y ambientales desfavorables, pueden destacarse en cualquier parte del mundo. Eso es algo que los argentinos deben, de algún modo, reconocer." El profesor Jorge Manuel Herrera, del Instituto Nacional de Antropología e Historia de México, se mostró complacido por la excelencia del trabajo realizado y señaló que "el enorme potencial de investigación del sitio permite trabajar de modo multidisciplinario, algo que estos argentinos hacen muy bien". Valerio Buffa, arqueólogo uruguayo del Ministerio de Cultura, señaló que el diseño de trabajo de campo ha sido completo porque "incluyó variables que abarcan aspectos relativos a la construcción naval, la vida a bordo de un buque y la apasionante historia geopolítica de fines de siglo XVIII. Este es el proyecto de arqueología subacuática más importante de Sudamérica, por la seriedad de los arqueólogos, el rigor metodológico con que se trabaja y la notable planificación de sus tareas".

UN CAMAROTE INGLES

En la última campaña, los investigadores encontraron el camarote del capitán de la corbeta hundida en 1770. Se hallaron zapatos, botellas, hebillas, vidrios, copas y platos. Cabe señalar que antes de cualquier extracción se realiza el registro de la ubicación tridimensional de las piezas para elaborar los llamados "mapas artefactuales". De esta manera se obtiene referencia del contexto que permita posteriores deducciones. También se encontraron 8 de los 14 cañones que tenía la corbeta y se estudia la posibilidad de extraerlos convenientemente. Otra cuestión a tener en cuenta –de alguna manera una de las "consecuencias secundarias" de la investigación– es que se advirtieron altos niveles de contaminación costera, seguramente por la actividad del puerto santacruceño.

La ecología del universo

POR MARIANO RIBAS

En el universo existe una ley de hierro, tan primigenia como fundamental: nada se tira, todo se recicla. Si así no fuera, ya casi no quedarían estrellas y las galaxias no serían más que tristes reservorios de materia muerta, condenada a la oscuridad más profunda y al frío más pavoroso. Si así no fuera, por ejemplo, nosotros mismos no existiríamos. Al fin de cuentas, nuestra existencia y la de todo el Sistema Solar fue la consecuencia directa (y afortunada) de una serie de mecanismos de reciclado cósmico que vienen funcionando desde hace miles de millones de años, y que seguirán haciéndolo por muchos miles de millones de años más. Gracias a los notables progresos de la astronomía del siglo XX, los científicos han podido delinear con bastante precisión lo que podríamos llamar la "ecología" del universo: las estrellas nacen, viven y mueren; pero sus restos serán la materia prima para nuevas generaciones de estrellas. Es un mecanismo tan antiguo como fascinante, y sus comienzos se remontan, casi casi, al principio de los tiempos.

LAS PRIMERAS ESTRELLAS

Hubo un día en que se encendieron las primeras estrellas. Eso sólo pudo ocurrir cuando el universo comenzó a tomar forma. De hecho, sólo para que pudiesen aparecer los primeros átomos de hidrógeno (que son los ladrillos del cosmos), tuvieron que pasar unos 300 mil años desde el Big Bang, la gran explosión que dio origen a todo. Y sólo estamos hablando de átomos. Hicieron falta cientos de millones de años más para que la gravedad fuera haciendo su trabajo: de a poco, comenzaron a formarse gigantescas nubes de hidrógeno (y un poco de helio) que, por su propio peso, fueron compactándose más y más. Eran, ni más ni menos, que los embriones de las primeras galaxias. A su vez, en su interior, gigantescos remolinos de gases cada vez más densos iniciaron el proceso de formación de las estrellas. Cuando el reloj cósmico marcaba los primeros mil millones de años, el universo ya estaba repleto de jóvenes galaxias, convirtiéndose en un lugar no tan distinto a lo que es ahora, aunque mucho más chico, por cierto (porque, desde el Big Bang, está en constante expansión).

El nacimiento de las primeras estrellas fue un mecanismo lento, y no ha cambiado mucho desde entonces: todas las estrellas nacen a partir de nebulosas, masas gaseosas que se van contrayendo progresivamente por acción de la gravedad. En cierto momento, la presión y la temperatura en sus centros es tan enorme, que comienzan las fusiones nucleares: los átomos de hidrógeno se funden, creando helio, y un pequeño sobrante se emite en forma de luz y calor. La estrella se ha encendido, y seguirá brillando hasta que agote todo su combustible. Si bien es cierto que todas nacen más o menos del mismo modo, también lo es que, desde los primeros tiempos, hay estrellas que viven más y otras que viven menos. Y eso forma parte de la ecología del universo.

MUERTES ESTELARES

La evolución estelar es una de las materias que los astrónomos mejor manejan. Una de las claves de este conocimiento es la observación: el cielo es una verdadera galería de estrellas en distintas etapas de sus vidas. Es posible encontrar múltiples ejemplos de las nebulosas que les dan origen e incluso ver estrellas que recién han salido del cascarón y todavía están rodeadas de sutiles halos gaseosos. En el otro extremo, también es posible observar distintas clases de cadáveres estelares. Si a esto se le agregan los modelos teóricos que describen su funcionamiento interno con lujo de detalles, el resultado es una imagen muy acabada de la vida de las estrellas.

De entrada, una de las cosas más sorprendentes (y antiintuitivas) es que las estrellas más grandes son las que menos viven: "apenas" unas decenas de millones de años. Esto se debe a que queman sus reservas de hidrógeno a un ritmo arrollador. Y luego, después de algunas etapas previas, donde van creando y quemando elementos cada vez más pesados (helio, carbono, oxígeno, hasta llegar al hierro), terminan sus vidas en forma espectacular: explotan, arrojando al espacio la mayor parte de su masa a velocidades increíbles. Y eso es lo que se conoce como supernova. En ese momento, el estallido de la estrella puede brillar más que toda una galaxia.

LAS SUPERNOVAS Y EL RECICLADO

Pero en el universo todo se recicla: las supernovas "devuelven" al espacio casi todo el material de la estrella. Pero ya no se trata del mismo gas (casi todo hidrógeno) que le dio origen, sino de una mezcla mucho más rica, que contiene elementos más pesados: carbono, oxígeno, hierro y hasta uranio, los mismos que ella produjo en sus entrañas, o bien durante la explosión. Entonces, las supernovas son una especie de "procesadoras" de átomos, porque sólo ellas pueden fabricar esos elementos que no nacieron con el Big Bang. Por lo tanto, estas estrellas han estado enriqueciendo desde hace miles de millones de años el medio interestelar, aportando nuevos elementos que luego pasan a formar parte de las nebulosas que darán origen a nuevas estrellas. Pero esas nuevas estrellas ya no serán iguales que sus antecesoras, porque en su materia prima (nuevas nebulosas) habrá una mayor proporción de elementos pesados. Como ya veremos, todo esto tiene mucho que ver con nosotros.

VIDAS (Y MUERTES) MODESTAS

Las estrellas similares al Sol, o más chicas, son –y siempre lo han sido– cientos o miles de veces más abundantes que las gigantes. Y si bien no son tan esplendorosas y energéticas, viven muchísimo tiempo más que las grandes: miles de millones de años. Lo que ocurre es que las estrellas chicas llevan vidas mucho más modestas, porque sus presiones y sus temperaturas son menores, y por lo tanto, queman el hidrógeno a una velocidad mucho menor. De todos modos, algún día también morirán: dentro de 6 o 7 mil millones de años el Sol por fin agotará todas las reservas de hidrógeno de su ardiente corazón. Entonces, sufrirá una lenta metamorfosis que la convertirá en una gigante roja: mientras su núcleo comienza a quemar helio, sus capas externas comenzarán a enfriarse y a alejarse del centro. Se hinchará progresivamente, abarcando la órbita de Mercurio, luego la de Venus y finalmente la de la Tierra. Cientos de millones de años más tarde, todo lo que quedará de nuestra estrella será una enana blanca, un objeto ultradenso y relativamente chico (del tamaño de nuestro planeta) que se irá enfriando hasta apagarse definitivamente.

EL CICLO COMPLETO EN UNA FOTO

El año pasado, el Telescopio Espacial Hubble examinó a la nebulosa NGC 3603, una muestra perfecta del funcionamiento del reciclado cósmico. En el centro de la foto vemos un grupo de jóvenes estrellas, muy brillantes. Arriba y a la izquierda aparece un punto rodeado por un pequeño anillo de materia: es una estrella agonizante, que está arrojando sus gases de vuelta al medio interestelar espacio, donde esos gases serán almacenados en nuevas nebulosas. Finalmente, abajo y a la derecha de la espectacular imagen del Hubble, aparecen enormes nubes de hidrógeno molecular, densas y oscuras, que están procesando el material que originará nuevas estrellas.

RECICLADO II: NEBULOSAS PLANETARIAS

Al igual que las estrellas gigantes, las estrellas más chicas también devuelven al espacio casi toda la materia que les dio origen, aunque no tan procesada. Así es: después de la etapa de gigante roja, las sucesivas capas de gas se van desconectando, van formando una enorme, tenue y colorida cáscara de gas en lenta expansión. Son las nebulosas planetarias, llamadas así porque los primeros astrónomos que las observaron las encontraron bastante parecidas a la imagen de los discos de los planetas. Las nebulosas planetarias, al igual que las supernovas, forman parte del reciclado estelar: todo vuelve a su lugar, los gases vuelven a reforzar el stock de las enormes nebulosas que flotan dentro de las galaxias, y a partir de allí comienza la historia de una nueva familia de estrellas. Este proceso viene funcionando desde hace más de 12 mil millones de años, y al parecer, es de lo más convincente: un reciente sondeo entre 145 estudiantes de astronomía de la Universidad de Harvard reveló que, según ellos, la eficiencia del reciclado estelar rondaría el 90 por ciento.

CHOQUES DE GALAXIAS

Hay otro mecanismo que participa en la fabricación de estrellas. Y es mucho más espectacular que el que puede desencadenar cualquier supernova: los choques de galaxias. En esas colisiones, que en realidad son fusiones, porque es casi imposible que sus estrellas choquen (debido al enorme vacío interestelar), las enormes nebulosas sufren tirones y remolinos que pueden desembocar en la formación masiva de estrellas: cientos de miles (o incluso millones) de nuevos soles pueden nacer de esta manera. Uno de los casos mejor estudiados es el de un par de galaxias ubicadas a unos 60 millones de años luz conocidas como "las Antenas". Y refleja, más o menos, lo misma que va a ocurrir dentro de unos 3 mil millones de años, cuando nuestra propia galaxia se lleve por delante a Andrómeda. Será un encuentro de dos pesos pesado. Probablemente culminará con el nacimiento de una nueva supergalaxia, en medio de incontables alumbramientos estelares.



LAS SUPERNOVAS Y EL SISTEMA SOLAR

Ya es hora de volver a las supernovas, porque tienen mucho que ver con nosotros (aunque no parezca). Estas megaexplosiones estelares no sólo contribuyen a la ecología del cosmos devolviendo casi todo su material reciclado. También lo hacen mediante los efectos mismos de los estallidos: la tremenda onda de choque que generan y la gran cantidad de restos gaseosos en expansión barren todo el espacio circundante hasta una distancia de decenas de años luz. En su marcha, empujan todo lo que encuentran en el camino: así, comprimen a cualquier nebulosa moderadamente dispersa (donde todavía no han nacido estrellas) iniciando el camino de la evolución estelar. Por lo tanto, las supernovas son el final de una gran estrella, pero también son una sólida promesa de otras por venir. Muchas otras, porque según distintos modelos teóricos, la onda de choque generada en el estallido de una estrella de unas 10 masas solares podría barrer una cantidad de gas periférico equivalente a unas 8 mil masas solares.

"HIJOS DE LAS ESTRELLAS"

A la luz de todo esto, teniendo en cuenta la relativamente alta cantidad de elementos pesados que forman parte de nuestro Sistema Solar (especialmente los planetas como la Tierra o Marte), muchos astrónomos sospechan que el nacimiento del Sol y el resto de nuestra familia planetaria fue desencadenado por la explosión de una supernova cercana. Ese antiguo estallido, que habría ocurrido hace unos 5 mil millones de años, no sólo habría ayudado a la contracción de una nebulosa primitiva, sino que también le habría aportado elementos pesados, como el hierro que forma el centro de la Tierra, o el calcio de nuestros huesos. Y también el carbono, el oxígeno y el nitrógeno. Esos átomos posibilitaron la aparición de la vida, y no nacieron con el Big Bang, sino que fueron forjados en el corazón de enormes estrellas que algún día explotaron. Bajo esta perspectiva es muy fácil comprender aquella frase, bella y exquisitamente sintética, que el gran Carl Sagan inmortalizó: en el más profundo de los sentidos, "somos hijos de las estrellas".

NOVEDADES EN CIENCIA

¿VIDA ETERNA?... NO TAN RAPIDO

Science A pesar del constante incremento de la longevidad humana, el sueño de la vida eterna todavía está muy lejos. Es más, todavía faltarían varias décadas para que la expectativa de vida promedio de nuestra especie alcance "sólo" los 100 años. Estas son algunas de las conclusiones que surgieron en el más reciente encuentro de la Asociación Americana para el Avance de la Ciencia, realizado en San Francisco, Estados Unidos. "Todos los que vivimos hoy estaremos muertos antes de que la expectativa de vida al nacer sea de 100 años", dijo el no muy optimista doctor Jay Olshansky, de la Universidad de Illinois, Chicago. Y agregó: "Todavía no existen las tecnologías médicas necesarias que nos permitan semejante cosa". Por su parte, Leonard Hayflick, un experto en envejecimiento de la Universidad de California, dice que las versiones sobre superlongevidad a corto y mediano plazo son torpes e irresponsables: "Si se eliminaran todas las enfermedades que actualmente causan la muerte, se lograría un incremento de sólo 15 años en la expectativa de vida, y para eso falta mucho". Una de las cuestiones clave en el tema del envejecimiento y muerte es comprender el funcionamiento de ciertos mecanismos celulares.

BRONTOSAURIOS CON LA CABEZA GACHA



Discover Algunos dinosaurios herbívoros tenían cuellos de varios metros de largo y parece que apenas podían levantarlos. Durante mucho tiempo, los paleontólogos han creído que los grandes dinosaurios saurópodos, como el brontosaurio, usaban sus larguísimos cuellos para llegar a la copa de los árboles más altos y así alimentarse de sus hojas y frutos. Sin embargo, el fisiólogo Roger Seymour, de la Universidad de Adelaida, Australia, ha llegado a la conclusión de que estos animales jamás podrían hacer tal cosa. La razón es muy sencilla: problemas cardíacos. Seymour desde hace un tiempo ha estado estudiando el caso de los Barosaurus, una especie cercana a los Brontosaurus. Para que aquellos animales realmente pudieran elevar sus cuellos, habrían necesitado una presión sanguínea enorme (siete veces superior a la nuestra) para enviar sangre hasta sus cabezas. Para conseguir semejante presión, sus corazones tendrían que haber sido gigantescos: "Sólo el ventrículo izquierdo pesaría dos toneladas, es decir, un 5% del peso de los Barosaurus", dice Seymour. O lo que es lo mismo, 15 veces el peso del ventrículo izquierdo de una ballena. Parece demasiado. Por otra parte, y a partir de los estudios de los esqueletos fósiles de estos monumentales reptiles, Seymour asegura que no habría lugar para un corazón semejante. Por lo tanto, lo más probable es que los Barosaurus (y otros dinosaurios similares) nunca levantaran demasiado sus cabezotas.





EL CICLO COMPLETO EN UNA FOTO

El año pasado, el Telescopio Espacial Hubble examinó a la nebulosa NGC 3603, una muestra perfecta del funcionamiento del reciclado cósmico. En el centro de la foto vemos un grupo de jóvenes estrellas, muy brillantes. Arriba y a la izquierda aparece un punto rodeado por un pequeño anillo de materia: es una estrella agonizante, que está arrojando sus gases de vuelta al medio interestelar espacio, donde esos gases serán almacenados en nuevas nebulosas. Finalmente, abajo y a la derecha de la espectacular imagen del Hubble, aparecen enormes nubes de hidrógeno molecular, densas y oscuras, que están procesando el material que originará nuevas estrellas.

ces más abundantes que las gigantes. Y si bien no son tan esplendorosas y energéticas, viven muchísimo tiempo más que las grandes: miles de millones de años. Lo que ocurre es que las estrellas chicas llevan vidas mucho más modestas, porque sus presiones y sus temperaturas son menores, y por lo tanto, queman el hidrógeno a una velocidad mucho menor. De todos modos, algún día también morirán: dentro de 6 o 7 mil millones de años el Sol por fin agotará todas las reservas de hidrógeno de su ardiente corazón. Entonces, sufrirá una lenta metamorfosis que la convertirá en una gigante roja: mientras su núcleo comienza a quemar helio, sus capas externas comenzarán a enfriarse y a alejarse del centro. Se hinchará progresivamente, abarcando la órbita de Mercurio, luego la de Venus y finalmente la de la Tierra. Cientos de millones de años más tarde, todo lo que quedará de nuestra estrella será una enana blanca, un objeto ultradenso y relativamente chico (del tamaño de nuestro planeta) que se irá enfriando hasta apagarse definitivamente.

RECICLADO II: NEBULOSAS PLANETARIAS

Al igual que las estrellas gigantes, las estrellas más chicas también devuelven al espacio casi toda la materia que les dio origen, aunque no tan procesada. Así es: después de la etapa de gigante roja, las sucesivas capas de gas se van desconectando, van formando una enorme, tenue y colorida cáscara de gas en lenta expansión. Son las nebulosas planetarias, llamadas así porque los primeros astrónomos que las observaron las encontraron bastante parecidas a la imagen de los discos de los planetas. Las nebulosas planetarias, al igual que las supernovas, forman parte del reciclado estelar: todo vuelve a su lugar, los gases vuelven a reforzar el stock de las enormes nebulosas que flotan dentro de las galaxias, y a partir de allí comienza la historia de una nueva familia de estrellas. Este proceso viene funcionando desde hace más de 12 mil millones de años, y al parecer, es de lo más convincente: un reciente sondeo entre 145 estudiantes de astronomía de la Universidad de Harvard reveló que, según ellos, la eficiencia del reciclado estelar rondaría el 90 por ciento.

CHOQUES DE GALAXIAS

Hay otro mecanismo que participa en la fabricación de estrellas. Y es mucho más espectacular que el que puede desencadenar cualquier supernova: los choques de galaxias. En esas colisiones, que en realidad son fusiones, porque es casi imposible que sus estrellas choquen (debido al enorme vacío interestelar), las enormes nebulosas sufren tirones y remolinos que pueden desembocar en la formación masiva de estrellas: cientos de miles (o incluso millones) de nuevos soles pueden nacer de esta manera. Uno de los casos mejor estudiados es el de un par de galaxias ubicadas a unos 60 millones de años luz conocidas como "las Antenas". Y refleja, más o menos, lo misma que va a ocurrir dentro de unos 3 mil millones de años, cuando nuestra propia galaxia se lleve por delante a Andrómeda. Será un encuentro de dos pesos pesado. Probablemente culminará con el nacimiento de una nueva supergalaxia, en medio de incontables alumbramientos estelares.

LAS SUPERNOVAS Y EL SISTEMA SOLAR

Ya es hora de volver a las supernovas, porque tienen mucho que ver con nosotros (aunque no parezca). Estas megaexplosiones estelares no sólo contribuyen a la ecología del cosmos devolviendo casi todo su material reciclado. También lo hacen mediante los efectos mismos de los estallidos: la tremenda onda de choque que generan y la gran cantidad de restos gaseosos en expansión barren todo el espacio circundante hasta una distancia de decenas de años luz. En su marcha, empujan todo lo que encuentran en el camino: así, comprimen a cualquier nebulosa moderadamente dispersa (donde todavía no han nacido estrellas) iniciando el camino de la evolución estelar. Por lo tanto, las supernovas son el final de una gran estrella, pero también son una sólida promesa de otras por venir. Muchas otras, porque según distintos modelos teóricos, la onda de choque generada en el estallido de una estrella de unas 10 masas solares podría barrer una cantidad de gas periférico equivalente a unas 8 mil masas solares.

"HIJOS DE LAS ESTRELLAS"

A la luz de todo esto, teniendo en cuenta la relativamente alta cantidad de elementos pesados que forman parte de nuestro Sistema Solar (especialmente los planetas como la Tierra o Marte), muchos astrónomos sospechan que el nacimiento del Sol y el resto de nuestra familia planetaria fue desencadenado por la explosión de una supernova cercana. Ese antiguo estallido, que habría ocurrido hace unos 5 mil millones de años, no sólo habría ayudado a la contracción de una nebulosa primitiva, sino que también le habría aportado elementos pesados, como el hierro que forma el centro de la Tierra, o el calcio de nuestros huesos. Y también el carbono, el oxígeno y el nitrógeno. Esos átomos posibilitaron la aparición de la vida, y no nacieron con el Big Bang, sino que fueron forjados en el corazón de enormes estrellas que algún día explotaron. Bajo esta perspectiva es muy fácil comprender aquella frase, bella y exquisitamente sintética, que el gran Carl Sagan inmortalizó: en el más profundo de los sentidos, "somos hijos de las estrellas".

NOVEDADES EN CIENCIA

¿VIDA ETERNA?... NO TAN RAPIDO

Science A pesar del constante incremento de la longevidad humana, el sueño de la vida eterna todavía está muy lejos. Es más, todavía faltarían varias décadas para que la expectativa de vida promedio de nuestra especie alcance "sólo" los 100 años. Estas son algunas de las conclusiones que surgieron en el más reciente encuentro de la Asociación Americana para el Avance de la Ciencia, realizado en San Francisco, Estados Unidos. "Todos los que vivimos hoy estaremos muertos antes de que la expectativa de vida al nacer sea de 100 años", dijo el no muy optimista doctor Jay Olshansky, de la Universidad de Illinois, Chicago. Y agregó: "Todavía no existen las tecnologías médicas necesarias que nos permitan semejante cosa". Por su parte, Leonard Hayflick, un experto en envejecimiento de la Universidad de California, dice que las versiones sobre superlongevidad a corto y mediano plazo son torpes e irresponsables: "Si se eliminaran todas las enfermedades que actualmente causan la muerte, se lograría un incremento de sólo 15 años en la expectativa de vida, y para eso falta mucho". Una de las cuestiones clave en el tema del envejecimiento y muerte es comprender el funcionamiento de ciertos mecanismos celulares.

BRONTOSAURIOS CON LA CABEZA GACHA



Discover Algunos dinosaurios herbívoros tenían cuellos de varios metros de largo y parece que apenas podían levantarlos. Durante mucho tiempo, los paleontólogos han creído que los grandes dinosaurios saurópodos, como el brontosaurio, usaban sus larguísimos cuellos para llegar a la copa de los árboles más altos y así alimentarse de sus hojas y frutos. Sin embargo, el fisiólogo Roger Seymour, de la Universidad de Adelaida, Australia, ha llegado a la conclusión de que estos animales jamás podrían hacer tal cosa. La razón es muy sencilla: problemas cardíacos. Seymour desde hace un tiempo ha estado estudiando el caso de los Barosaurus, una especie cercana a los Brontosaurus. Para que aquellos animales realmente pudieran elevar sus cuellos, habrían necesitado una presión sanguínea enorme (siete veces superior a la nuestra) para enviar sangre hasta sus cabezas. Para conseguir semejante presión, sus corazones tendrían que haber sido gigantescos: "Sólo el ventrículo izquierdo pesaría dos toneladas, es decir, un 5% del peso de los Barosaurus", dice Seymour. O lo que es lo mismo, 15 veces el peso del ventrículo izquierdo de una ballena. Parece demasiado. Por otra parte, y a partir de los estudios de los esqueletos fósiles de estos monumentales reptiles, Seymour asegura que no habría lugar para un corazón semejante. Por lo tanto, lo más probable es que los Barosaurus (y otros dinosaurios similares) nunca levantaran demasiado sus cabezotas.

LIBROS Y PUBLICACIONES

EL SUEÑO DE MENDELEIEV
De la alquimia a la química
Paul Strathern
Siglo XXI, 256 págs.



Mendeléiev y su Tabla Periódica cierran la gran revolución iniciada por Lavoisier en el siglo XVII, que constituyó a la química definitivamente en un corpus científico con un estatuto tan completo como la mecánica newtoniana, justo antes de que se empezara a cruzar la barrera atómica. *El sueño de Mendeléiev* registra y da cuenta de ese proceso, aunque remontándolo muy atrás, a los orígenes mismos de la pregunta por la composición de la materia (Tales, Empédocles), y las diferentes respuestas que se ensayaron frente a tamaño interrogante desde los desgraciados intentos de Aristóteles hasta el desarrollo alquímico y la Revolución Científica del siglo XVII. Strathern relata la aventura química (y científica en general) al estilo de la "historia wigh", con un fuerte componente ex post-facto: la aventura científica está vista como una lucha intelectual permanente contra la superstición, el error, la teología y la metafísica, que parte de los primeros tanteos hasta alcanzar la solidez y la estética de la Tabla Periódica; un panorama acérrimamente antikuhniano. Con lo cual se pierden cosas, sin duda, pero se gana también cierto alivio, en medio de tanto trabajo en los que se trata de comprender los motivos de la Iglesia contra Galileo, o se tiende a disculpar los "excesos" cometidos con Giordano Bruno y otros desvaríos posmodernos. Vale la pena notar que la traducción es algo descuidada –¿qué le costaría a una editorial del porte de Siglo XXI practicar una revisión de estilo?–, pero lo cierto es que *El sueño*... es claro, interesante, bien escrito, se lee con avidez y quien lo recorra encontrará una multitud de reflexiones y matices esclarecedores e interesantes. ***L.M.***

AGENDA CIENTIFICA

ACTIVIDADES DEL PLANETARIO
Dentro del programa El Barrio y el Universo (Ciencia en barrios y villas), el Planetario Galileo Galilei de la Ciudad de Buenos Aires llevará hoy a las 20 a Villa Soldati sus observaciones de objetos celestes: la Luna, Venus, Júpiter, Saturno y estrellas dobles con la guía de un astrónomo. Además se proyectará el audiovisual *De la Tierra a los confines del cosmos*. Barrio AU-7 Lacarra –frente al barrio de monoblocks, bajo la autopista–, Villa Soldati. Para todo público, sin cargo. Sujeto a condiciones meteorológicas.

BECAS
El 30 de marzo cerrará la inscripción para la *Beca Investigación 2001* de estudio en Estados Unidos. La beca incluye pasajes, manutención, cobertura de salud y tiene una duración de tres meses. En tanto, el 30 de abril cerrará la inscripción para el concurso de *Beca Master* para estudiar en Estados Unidos. La beca incluye pasajes, 12.000 dólares anuales, cobertura de salud y tiene una duración de un año, renovable a dos para obtener el título de Master. Informes: Viamonte 1653, 2º piso, TE: 4811-1494.

MENSAJES A FUTURO
futuro@pagina12.com.ar

CICLO DE CHARLAS

Café científico

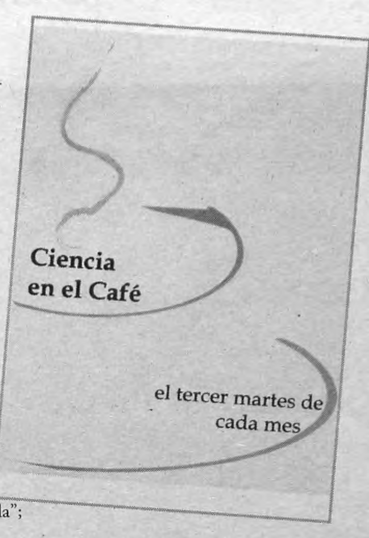
El próximo martes, a las 18.30 comenzará el ciclo Café Científico, organizado por el Planetario de la Ciudad de Buenos Aires, en La Casona del Teatro, Corrientes 1979. La primera de las charlas –que serán una vez por mes durante todo el año y tratarán temas de la actualidad de la ciencia– se titulará "¿Quién le teme a las vacas locas?". Participarán el doctor Alberto Baldi, del Instituto de Biología y Medicina Experimental (Ibyme-Conicet), y el doctor José Latorre, director del Centro de Virología Animal (Cevan).

La idea de llevar la ciencia al Café tiene por finalidad crear un foro de discusión científica abierta.

Durante el ciclo se hablará, entre otros temas, del origen del universo y de la vida; del invisible mundo del átomo y las partículas elementales; del control y prevención de enfermedades; de las consecuencias no deseadas de la manipulación genética; del aumento de la temperatura en el planeta y de los problemas derivados de la utilización indiscriminada e irreflexiva del medio ambiente.

Por supuesto, están invitados todos aquellos que quieran asistir, sin ningún límite de edad o formación. Las reuniones serán siempre el tercer martes de cada mes y estarán invitados destacados científicos de universidades, centros e institutos de investigación de todo el país.

Para los próximos meses están previstas las siguientes charlas: El 17 de abril, "Clonación: ama a tu clon como a ti mismo". Para mayo, "¿De qué estamos hechos?"; en junio, "Alimentos transgénicos, ¿son peligrosos?"; en julio, "Universo, dioses y hombres: historias cosmológicas"; en agosto, "Genoma humano"; en setiembre, "Vida extraterrestre"; en octubre, "El origen de la vida"; en noviembre, "Calentamiento global".



FINAL DE JUEGO

donde se discurre sobre la finitud o infinitud del lenguaje

POR LEONARDO MOLEDO

–Quedaba el problema de la infinitud –dijo Kuhn–, pero antes, quería quejarme del comentario del libro *El sueño de Mendeléiev*. Se dice que es acérrimamente antikuhniano y encima, que es una virtud. No lo puedo admitir.

–Bueno, no se dice exactamente que sea una virtud, sino que proporciona cierto alivio frente a la onda posmoderna. Lo que pasa es que la policía no pega demasiado con la posmodernidad. Si uno piensa en Foucault y todo eso... Pero había quedado pendiente el problema de la finitud o infinitud ya no de la capacidad de almacenamiento, sino de la información a almacenar.

–Que podría ser infinita aunque la capacidad de almacenamiento no lo sea.

–Desde ya. Y una cosa que me preguntaba es lo siguiente: nadie diría, pienso yo, que la capacidad de almacenamiento del cerebro de una libélula o de una lombriz es infinita, y creo que nadie se ofendería si uno sostuviera que es finito el cerebro de un tigre, para poner un ejemplo no tan amable, y entre los mamíferos. En cierto modo, el problema del "almacenamiento infinito" está relacionado con el hombre, esto es, es un problema de antropocentrismo.

–Bueno, pero la especie humana es la única que tiene el lenguaje.

–Cuestionaría también eso –dijo el Comisario Inspector–, aunque me parece prudente dejarlo para otra ocasión. Aceptemos que la gran diferencia cualitativa a favor (o en contra) del hombre es el lenguaje, y replanteemos la pregunta: ¿El lenguaje es finito o infinito?

–Contiene infinitos objetos –dijo Kuhn–. Por ejemplo, los números naturales (1, 2, 3, 4, 5,... etc.)

–Efectivamente. Ahí tenemos una colección infinita de objetos que podemos nombrar uno por uno. Pero... ¿tiene sentido decir que el lenguaje los **contiene**?

–Potencialmente, sí. Tengo un conjunto infinito de objetos y una regla para nombrarlos a todos.

–Bueno, pero qué es lo que contiene el lenguaje: ¿el nombre de cada uno de los números naturales o la regla para nombrarlos a todos? Al fin y al cabo, ¿qué es el lenguaje como objeto?

–Por empezar –dijo Kuhn–, muchísimas palabras.

–Sí –dijo el Comisario Inspector–. Como me apunta Fito González Tuñón, el diccionario de la Real Academia admite contener 83.500 vocablos, o sea que, considerando todas las variaciones, no debe haber en el castellano más de doscientos mil vocablos. Esos doscientos mil vocablos, desde ya, no alcanzan para nombrar a todos los números.

–Desde ya –dijo Kuhn–. Pero el lenguaje no es un conjunto de palabras: hay enunciados, además. Y palabras compuestas por acumulación. Y de esa manera, yo podría nombrar a todos los números naturales.

–¿Verdaderamente? –dijo el Comisario Inspector–. Porque un enunciado que contuviera a todos los números naturales (por ejemplo: "los números naturales son: uno, dos, tres...") necesariamente tiene longitud infinita. –¿Y cuál es el problema? –objetó Kuhn–. Si por simple yuxtaposición puedo construir un enunciado infinito, eso probaría que el lenguaje es infinito, ya que contiene enunciados infinitos.

–Pero un enunciado infinito requiere un tiempo infinito, y si aceptamos, aunque sea provisoriamente, que la capacidad de almacenamiento del cerebro (y por lo tanto su capacidad de comprensión) es finita, un enunciado infinito no tendría interlocutor.

–¡Una objeción empírica! –dijo Kuhn– La verdad es que me sorprende.

–En todo caso, diría yo, el lenguaje puede **referirse** a conjuntos matemáticamente infinitos, pero no los **contiene**, a menos que tanto el enunciador como el interlocutor estén en posesión de una regla finita para capturar el significado.

–No estoy de acuerdo –dijo Kuhn–, pero propongo que sigamos la charla el próximo sábado y dediquemos un poco de espacio a los enigmas.

–Mientras escuchamos la opinión de nuestros lectores –dijo el Comisario Inspector–. Respecto al enigma de la vez pasada, "las edades de Jorge y Pedro sumadas son 11 años, pero Jorge le lleva diez años a Pedro. ¿Qué edad tienen?", fue correctamente contestada por nuestros lectores, que no cayeron en la ligera trampita de responder 10 y 1, ya que en ese caso se llevarían nueve años y no diez. La respuesta correcta es diez y medio y seis meses.

–¿Y un nuevo enigma?

–Podemos plantearlo a partir de lo que estuvimos comentando. Como vimos, es fácil construir un enunciado infinito que nombre a todos los números naturales: ("los números naturales son: uno, dos, tres....") . La pregunta es: ¿cómo se puede construir un enunciado parecido, pero que nombre, uno por uno, a todos los números **enteros**, esto es, los naturales más los negativos (-1, -2, -3,....) y el cero? No es tan simple como parece.

–Bien –dijo Kuhn – Nos vemos el sábado.

–No, nos vemos el martes en el café científico –dijo el Comisario Inspector.

–Por supuesto –dijo Kuhn–. Siempre quise saber cómo es ese paradigma de la vaca loca.

–Un paradigma peligroso –dijo el Comisario Inspector–. Peligroso, sin duda.

¿Qué piensan nuestros lectores? ¿El lenguaje es finito o infinito? ¿Y qué enunciado nombra a todos los enteros?

